

## **DISPOSITIF DE MESURE NON DISSIPATIF DU COURANT DANS UNE INDUCTANCE**

L'invention concerne un dispositif de mesure non dissipatif, de faible coût et encombrement réduit, du courant traversant une inductance insérée dans un dispositif électrique ou électronique.

5 Dans certaines applications électroniques il est nécessaire de mesurer la valeur du courant dans les inductances avec une bonne précision et en perturbant le moins possible le dispositif dans lequel se trouve insérée l'inductance. Nous pouvons citer par exemple la mesure du courant dans les inductances des alimentations à découpage, entre autres, les hacheurs série  
10 à découpage abaisseurs ou élévateurs de tension (respectivement « buck converter » et « boost converter » en langue anglaise).

La méthode classique qui est la plus utilisée consiste à placer un shunt de mesure en série avec l'inductance ce qui permet d'obtenir l'image du courant dans l'inductance en mesurant la tension aux bornes du shunt.

15 Cette solution présente l'avantage d'être simple à mettre en œuvre, en revanche elle comporte un inconvénient majeur. En effet la puissance dissipée dans le shunt contribue à dégrader le rendement global du convertisseur ce qui n'est pas toujours acceptable, ceci est d'autant plus vrai que la tension de sortie du dispositif de conversion d'énergie est faible. Pour  
20 éviter cette contrainte, une solution de mesure de courant non dissipative présentée dans la figure 1 est utilisée.

La figure 1 montre un schéma d'un dispositif de mesure 10 du courant  $I$  traversant une inductance 12. L'inductance 12 est représentée par son schéma équivalent comportant une partie réactive pure, soit la partie  
25 inductive  $L$  en série avec une résistance  $R_L$ . L'inductance comporte une borne A et une borne B.

Le dispositif de mesure 10, à faible coût et très peu dissipatif, est mis en parallèle sur des bornes A et B de l'inductance 12. Le dispositif de mesure 10 comporte une résistance  $R_2$  en série avec une résistance  $R_1$  en  
30 parallèle avec une capacité  $C_1$ , la résistance  $R_2$  étant connectée à la borne A, la résistance  $R_1$  à la borne B.

Le but de ce montage de l'état de l'art est d'obtenir une tension aux bornes de la capacité C1 proportionnelle à la tension aux bornes de la résistance RL de l'inductance 12 donc proportionnelle au courant I dans l'inductance 12 (ou dans l'inductance L). Les courants dans les résistances  
 5 R2 et R1 sont négligeables devant le courant I dans l'inductance 12.

Pour dimensionner les éléments du dispositif, il est important de respecter la contrainte suivante :  $\frac{L}{RL} = \frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} \times C1$  équation (1)

Si la condition exprimée par l'équation (1) est vérifiée,  $V_{C1}$  est l'image du courant dans l'inductance. La tension  $V_{C1}$  aux bornes de C1 est  
 10 donnée par la relation suivante :

$$V_{C1} = \left( \frac{R1 \cdot RL}{R1 + R2} \right) \cdot I \quad \text{équation (2)}$$

Le dispositif de la figure 1 permet donc d'obtenir l'image d'un  
 15 courant traversant une inductance à condition de connaître la valeur de la résistance intrinsèque RL de l'inductance.

On peut remarquer que l'image du courant est donnée par une équation du type :  $V_{C1}(I) = a \cdot I$  avec « a » le coefficient de proportionnalité.

Pour certaines applications, il est nécessaire que la mesure  
 20 présente une tension de décalage (ou tension d'offset), c'est à dire que contrairement à l'équation précédente (2), lorsque le courant I est nul la tension  $V_{C1}$  n'est pas nulle. L'équation qui traduit ce comportement est de la forme :  $V_{C1}(I) = a \cdot I + b$  avec :

« a » le coefficient de proportionnalité et « b » l'ordonnée à  
 25 l'origine (tension d'offset dans notre cas).

Pour réaliser ce décalage sur la mesure, il suffit de joindre un montage supplémentaire au dispositif de la figure 1.

La figure 2 montre un dispositif de mesure du courant I dans l'inductance 12 avec un décalage de tension Voffset.

Dans le dispositif de mesure du courant de la figure 2, la tension  
 30 image du courant dans l'inductance n'est plus  $V_{C1}$ , comme dans le dispositif de la figure 1, mais devient la tension Vmes.

Le circuit de mesure de la figure 2 comporte en plus des éléments de la figure 1, un circuit de décalage 14 ayant un générateur E de tension

continue  $V_{out}$  connecté en parallèle, avec une résistance de décalage  $R_{offset}$  en série avec deux résistances en parallèle  $R3$  et  $R4$ . Le pôle positif du générateur étant connecté au point commun des deux résistances  $R3$  et  $R4$  et à la borne B de l'inductance 12, le pôle négatif du générateur étant  
 5 connecté à la résistance  $R_{offset}$ . Le générateur de tension  $E$  peut être la capacité de sortie d'un convertisseur, ce qui est le cas pour un hacheur de type Buck par exemple.

Il est également possible de placer une capacité  $C1'$  en parallèle sur  $R3$  et  $R4$  afin d'équilibrer les impédances sur les deux branches du dispositif  
 10 de mesure.

La tension  $V_{mes}$  est mesurée entre le point commun  $ca$  entre les deux résistances  $R2$  et  $R1$  et le point commun  $cb$  entre la résistance  $R_{offset}$  et les deux résistances  $R3$  et  $R4$  en parallèle.

On peut écrire l'expression de  $V_{mes}$  relative au dispositif de la  
 15 figure 2 :

$$V_{mes} = \left( \frac{R1 \cdot RL}{R1 + R2} \right) \cdot I + V_{out} \cdot \left( 1 - \frac{R_{offset}}{\frac{R3 \cdot R4}{R3 + R4} + R_{offset}} \right) \quad \text{équation (3)}$$

20 La tension  $V_{out}$  étant constante, la tension  $V_{offset}$  est donc également constante, l'équation obtenue est donc de la forme :  $V_{mes}(I) = a \cdot I + b$ , avec :

$$a = \left( \frac{R1 \cdot RL}{R1 + R2} \right) \quad \text{et} \quad b = V_{out} \cdot \left( 1 - \frac{R_{offset}}{\frac{R3 \cdot R4}{R3 + R4} + R_{offset}} \right)$$

25 Ce type de mesure est utilisé dans les dispositifs comme les convertisseurs à découpage de l'électronique de puissance pour lesquels il est nécessaire de limiter le courant traversant les inductances. Pour cela, la tension de mesure  $V_{mes}$  est comparée, à l'aide d'un comparateur à seuil, à une tension de seuil  $V_{seuil}$  correspondant à un courant maximal  $I_{max}$ .

30 Cependant le dispositif de l'état de l'art représenté à la figure 2, présente un inconvénient majeur car la valeur de la résistance  $RL$  de l'inductance dépend de la température à laquelle elle est soumise, la mesure

de courant qui est obtenue présente donc une erreur liée à la température. La conséquence est que la mesure du courant dans l'inductance et donc la limitation de courant  $I_{lim}$  dépend de la température.

La figure 3 montre une courbe de variation du courant de limitation  $I_{lim}$  en fonction de la température  $T$  d'un circuit de limitation de courant comportant un comparateur à seuil et le dispositif de mesure de la figure 2. La variation du courant de limitation en fonction de la température est de 60% entre  $-40^{\circ}\text{C}$  et  $100^{\circ}\text{C}$ . Une telle dispersion sur la valeur du courant de limitation entraîne un surdimensionnement du circuit de puissance pour qu'il puisse supporter la courant de limitation à température basse ce qui représente un inconvénient majeur.

Afin de pallier les inconvénients des dispositifs de la mesure du courant de l'état de l'art, l'invention propose un dispositif de mesure de courant dans une inductance destiné à être connecté en parallèle sur ladite inductance comportant deux bornes A et B, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un réseau en parallèle avec l'inductance connecté aux bornes A et B ayant une résistance  $R2$  en série avec une résistance  $R1$  en parallèle avec une capacité  $C1$ ,
- un circuit de décalage de tension ayant un générateur  $E$  de tension continue connecté en parallèle avec une résistance de décalage ( $R_{offset}$ ) en série avec deux résistances en parallèle  $R3$  et  $R4$ , le pôle positif du générateur étant connecté au point commun des deux résistances  $R3$  et  $R4$  et au point commun de la résistance  $R1$  et la capacité  $C1$  du réseau destiné à être connecté à une des deux bornes de l'inductance, le pôle négatif du générateur  $E$  étant connecté à la résistance de décalage ;

- un circuit de compensation en température comportant une source de courant contrôlée en fonction de la température, une des deux bornes de la source de courant étant connectée au pôle négatif du générateur  $E$ , l'autre borne de la source de courant étant connectée à des points différents du dispositif de mesure selon le sens de la variation du courant de la source en fonction de la température ;

et en ce que la mesure de tension  $V_{mes}$ , image du courant dans l'inductance, est effectuée entre le point commun des résistances  $R1$ ,  $R2$  du réseau et le point commun de la résistance de décalage et des deux résistances  $R3$  et  $R4$ .

Il faut vérifier en outre la condition exprimée par l'équation suivante :

$$\frac{L}{RL} = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} \cdot C1 ,$$

en considérant l'inductance comme représentée par un schéma équivalent comportant une partie inductive L et une partie résistive RL en série, pour que la tension  $V_{C1}$  aux bornes de la capacité C1 soit indépendante de la tension  $V_L$  aux bornes de l'inductance.

Dans une réalisation du dispositif de mesure de courant selon l'invention, la variation de courant de la source de courant en fonction de la température s'effectuant dans un premier sens, l'autre borne de la source de courant est connectée au point de connexion entre les résistances R1 et R2 du réseau.

Dans une autre réalisation du dit dispositif, la variation de courant de la source de courant en fonction de la température s'effectuant dans un second sens, l'autre borne de la source de courant est connectée au point de connexion entre les résistances R3, R4 et la résistance de décalage (Roffset) du circuit de compensation.

Les figures 4b, 4c et 4d montrent différentes représentations de la source de courant du circuit de compensation en température.

La source de courant contrôlée en fonction de la température  $\theta$  peut être représentée par :

- un modèle idéal de source de courant  $I_{parf}(\theta)$ , représenté à la figure 4b ;
- un modèle équivalent de Norton  $I_{nor}(\theta)$ , représenté à la figure 4c, comprenant une source de courant parfaite variant en fonction de la température en parallèle avec une résistance  $R_{nor}$  ;
- un modèle équivalent de Thévenin, représenté à la figure 4d, comprenant une source de tension  $E_{th}(\theta)$  variant en fonction de la température en série avec une résistance  $R_{th}$ .

Selon le sens de variation du courant de la source de courant pour la compensation en température, le circuit de compensation en température sera relié par une de ces deux bornes, soit au point commun entre les deux résistances R1 et R2 du réseau, soit au point de connexion entre les résistances R3, R4 et la résistance de décalage (Roffset) du circuit de compensation et par l'autre borne au pôle négatif du générateur E. Dans ce

demier cas le circuit de compensation en température est en parallèle avec la résistance de décalage (Roffset)

Ce dispositif permet, par injection de courant contrôlé en fonction de la température, d'obtenir une tension ( $V_{mes}$ ) image du courant dans  
5 l'inductance quelle que soit la température de celle-ci.

La source de courant du circuit de compensation en température peut être réalisée de différentes façons, par exemple à partir des tensions aux bornes de réseaux de composants électriques ou électroniques parmi lesquels nous pouvons citer :

- 10 - les résistances variables en fonction de la température (résistances platines, résistance silicium par exemple résistance de dénomination commerciale KTY du fabricant « INFINEON » ...);
- les diodes dont la tension de seuil varie avec la température (-2mV/°C);
- 15 - ou tout autre circuit électronique fournissant une tension ou un courant dépendant de la température (capteur de température intégré comme le AD590 du fabricant « Analog Device »...).

Une capacité C1' peut être ajoutée en parallèle sur R3 et R4 afin d'améliorer le fonctionnement du dispositif et augmenter sa précision.

20 L'invention sera mieux comprise à l'aide d'un exemple de réalisation non limitatif d'un dispositif de mesure selon l'invention en référence aux figures dans lesquelles :

- la figure 1, déjà décrite, représente d'un dispositif de mesure de l'état de l'art du courant traversant une inductance ;
- 25 - la figure 2, déjà décrite, représente un dispositif de mesure du courant dans l'inductance de la figure 1, avec un décalage de tension ;
- la figure 3, déjà décrite, représente une courbe de variation du courant de limitation en fonction de la température d'un circuit de limitation de courant utilisant le dispositif de mesure de la figure 2 ;
- 30 - la figure 4a, représente un dispositif de mesure de courant dans une inductance dans un cas général de l'invention avec un décalage de tension ;
- les figures 4b, 4c et 4d déjà décrites montrent différentes représentations de la source de courant du circuit de compensation en température

- la figure 5 montre une réalisation à titre d'exemple du dispositif de mesure de courant dans une inductance, selon l'invention

- la figure 6 montre à titre de comparaison les variations du courant de limitation en fonction de la température avec le dispositif selon l'invention (tracé continu) et sans le dispositif (tracé discontinu).

Le schéma de la figure 4a montre un dispositif de mesure de courant dans une inductance dans un cas général de l'invention avec un décalage de tension.

La figure 4a montre :

- l'inductance 12 représentée par son schéma équivalent comportant une partie réactive pure  $L$ , en série avec une résistance  $R_L$ .

- un dispositif de mesure de courant dans l'inductance 12, selon l'invention connecté en parallèle sur l'inductance comportant les deux bornes A et B,

Le dispositif de la figure 4a comporte :

- le réseau 10 tel que représenté à la figure 2 (ou le dispositif de mesure de l'état de l'art de la figure 1) en parallèle avec l'inductance 12 connecté aux bornes A et B ayant la résistance  $R_2$  en série avec la résistance  $R_1$  en parallèle avec la capacité  $C_1$ ,

- un circuit de décalage de tension 16 ayant le générateur E de tension continue  $V_{out}$  connecté en parallèle avec la résistance de décalage  $R_{offset}$  en série avec les deux résistances en parallèle  $R_3$  et  $R_4$  et au point commun de la résistance  $R_1$  et la capacité  $C_1$  reliés à la borne B de l'inductance 12. Le pôle négatif du générateur est connecté à la résistance de décalage  $R_{offset}$  ;

- un circuit de compensation en température 20 comportant une source de courant variant en fonction de la température pouvant être représentée par une source de courant parfaite variant en fonction de la température  $I_{parf}(\theta)$  (figure 4b), ou par un modèle équivalent de Norton  $I_{nor}(\theta)$  en parallèle avec une résistance  $R_{nor}$  (figure 4c), ou un modèle équivalent de Thévenin (figure 4d) comprenant une source de tension variant en fonction de la température  $E_{th}(\theta)$  en série avec une résistance  $R_{th}$ .

Selon le sens de la variation du courant de la source de compensation en température (générateur de courant), le circuit de compensation en température sera connecté, soit, pour un premier sens de variation du

courant, par une de ces deux bornes, au point commun entre les deux résistances R1 et R2 du réseau 10 par la connexion S1 représentée en trait discontinu sur la figure 4a, soit, pour le second sens de variation de courant, connectée au point commun de la résistance de décalage et des deux  
5 résistances R3 et R4 par la connexion S2 représentée en trait discontinu (soit dans ce second cas en parallèle avec la résistance d'offset Roffset ).

La capacité C1' peut être ajoutée en parallèle sur les résistances R3 et R4 afin d'améliorer le fonctionnement du dispositif et augmenter sa précision.

10 La mesure de tension Vmes image du courant I dans l'inductance 12 est effectué entre le point commun entre les résistances R1, R2 du réseau et le point commun entre la résistance de décalage Roffset et les deux résistances R3 et R4.

La figure 5 montre une première réalisation du dispositif de mesure de  
15 courant dans une inductance, selon l'invention.

Le dispositif comporte :

- le réseau 10 tel que représenté à la figure 2 en parallèle avec l'inductance 12 connecté aux bornes A et B ayant la résistance R2 en série avec la résistance R1 en parallèle avec la capacité C1,
- 20 - une circuit de décalage de tension 22 comportant le générateur E connecté en parallèle avec une résistance de décalage R15 (ou résistance d'offset) en série avec deux résistances R3 et R4 en parallèle. Le pôle positif du générateur E est connecté au point commun des deux résistances R3 et R4 du côté de ces résistances et au point commun de la résistance R1 et la  
25 capacité C1 reliés à la borne B de l'inductance 12, le pôle négatif du générateur E étant relié à la résistance de décalage R15.

- un circuit de compensation en température 24 comportant une résistance R14 reliée par une de ces deux bornes au point commun entre les deux résistances R1 et R2 du réseau et par l'autre borne à une sortie ps  
30 d'un pont diviseur comportant une résistance R13 en série avec une thermistance RKTY (ref : KTY 13-6 de INFINEON), le pont diviseur étant connecté, du côté de la thermistance RKTY au pôle positif du générateur E et du côté de la résistance R13 au pôle négatif du générateur E.



La source de tension  $E_{th}$  de compensation en température (figure 4d) est obtenue dans le cas de la réalisation de la figure 5, par la tension du point commun entre les résistances RKTY et R13.

Une capacité  $C1'$  est connectée en parallèle sur R3 et R4 afin  
5 d'améliorer le fonctionnement du dispositif et augmenter sa précision.

La mesure de tension  $V_{mes}$  image du courant  $I$  dans l'inductance 12 est effectuée entre le point commun des résistances R15, R3, R4 et le point commun des résistances R14, R1, R2.

Nous allons par la suite exprimer les relations existant entre les  
10 différents éléments du dispositif selon l'invention représentée à la figure 5.

La résistance  $R_L$  représente la résistance intrinsèque de l'inductance 12. La résistance  $R_L$  varie en température et sans circuit de compensation il se produit une erreur de mesure du courant dans l'inductance.

Nous allons considérer, à titre d'exemple, le cas d'utilisation du  
15 dispositif de mesure selon l'invention de la figure 5 dans un convertisseur de tension à découpage fonctionnant avec une fréquence de découpage  $F$ , ayant un circuit de limitation de courant (non représenté sur les figures). Le circuit de limitation comporte essentiellement un comparateur à seuil recevant d'une part la tension  $V_{mes}$  image du courant dans l'inductance 12  
20 et d'autre part une tension de seuil  $V_{comp}$  représentant un courant maximum à ne pas dépasser. Dans l'exemple de réalisation de la figure 5, les valeurs des composants sont :

$R_{L0} = 8m\Omega$  pour une température ambiante  $T_0 = 25^\circ C$

La résistance de l'inductance  $R_L(T)$  en fonction de la température est  
25 donnée par

$$R_L(T) = R_{L0} \cdot [1 + 0,0038(T - T_0)]$$

Le schéma de la figure 5 permet une compensation thermique de la mesure du courant pour obtenir une limitation de courant maximum indépendante de la température. A cet effet on utilise une thermistance  
30 RKTY à base de silicium dont la résistance varie de façon sensiblement linéaire en fonction de la température.

$R_{KTY0} = 2000\Omega$  ,

$R_{KTY0}$  pour une température ambiante de  $T_0 = 25^\circ C$

$$R_{KTY}(T) = R_{KTY0} \cdot [1 + 7,88 \cdot 10^{-3} \cdot (T - T_0) + 19,37 \cdot 10^{-6} \cdot (T - T_0)^2]$$

Le système sera dimensionné entre les deux températures extrêmes Th et Tb. Il s'agit de la température de l'inductance à pleine puissance, comprenant donc la température ambiante externe ajoutée à l'élévation de température interne du boîtier dans lequel peut se trouver l'inductance ainsi que celle de l'inductance.

La mesure de courant Vmes est appliquée à une entrée du circuit comparateur de courant (non représenté sur les figures). Le seuil maximum Vcomp du courant Vmes correspondant à un courant Imax de limitation est appliquée à l'autre entrée du comparateur. Par exemple dans cette réalisation :

$$V_{comp}=75mV$$

La tension Voffset à appliquer en entrée du comparateur, lorsque le courant est nul, est :

$$V_{offset} = 3mV$$

Le courant maximum Imax de sortie du convertisseur (courant moyen dans l'inductance) est :

$$I_{max}=8A, \text{ pour un courant nominal}$$

Comme cela a été dit précédemment, pour obtenir une mesure correcte de courant dans l'inductance, la relation suivante doit être respectée :

$$R_{1P2} \cdot C1 = \frac{L}{RL}$$

R<sub>1P2</sub> étant la résistance équivalente à R1 et R2 en parallèles.

Comme RL varie en température, en pratique, on peut choisir la valeur médiane Rlmed.

R13 sera choisie à priori pour obtenir une tension de pont (RKTY, R13) qui évolue significativement en température tout en limitant le courant dans RKTY pour éviter les auto échauffements.

Il est donc possible d'exprimer la relation reliant Vmes et le courant I dans l'inductance de la façon suivante :

$$V_{mes} = \frac{R2 \cdot R14}{(R1 + R2) \cdot (R_{1P2} + R14)} \cdot RL \cdot I + V_{out} \cdot \left( \frac{R_{1P2}}{R_{1P2} + R15} - \frac{RKTY}{RKTY + R13} \cdot \frac{R_{1P2}}{R_{1P2} + R14} \right)$$

avec  $RL(T)$  résistance de l'inductance en fonction de la température

avec  $RKTY(T)$  résistance variable en fonction de la température

Le calcul du courant de limitation  $I_{lim}$  réglé par la tension de seuil  
 5 sur le comparateur est donné par l'expression :

$$I_{lim\ Comp}(T) = \frac{V_{comp} + V_{out} \cdot \left( \frac{R_{1P2}}{R_{1P2} + R_{14}} \cdot \frac{RKTY(T)}{RKTY(T) + R_{13}} - \frac{R_{1P2}}{R_{1P2} + R_{15}} \right)}{\frac{R_2}{R_2 + R_1} \cdot \frac{R_{14}}{R_{14} + R_{1P2}} \cdot RL(T)}$$

Les courbes de la figure 6 montrent les variations du courant de  
 10 limitation  $I_{lim}$  en fonction de la température  $T$  en degrés, la courbe L1  
 montrant cette variation dans le cas d'un système non équipé du dispositif de  
 l'invention, la courbe L2 dans le cas d'un système équipé du dispositif de  
 mesure selon l'invention. Ces courbes permettent de constater l'efficacité du  
 dispositif de mesure selon l'invention, la variation de courant de limitation  
 15 avec le dispositif compensé en température selon l'invention étant quasiment  
 nulle.

## REVENDICATIONS

1. Dispositif de mesure de courant dans une inductance (12) destiné à être connecté en parallèle sur ladite inductance comportant deux bornes A et B, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un réseau en parallèle (10) avec l'inductance connecté aux bornes A et B ayant une résistance R2 en série avec une résistance R1 en parallèle avec une capacité C1,

- un circuit de décalage de tension (14, 16, 22) ayant un générateur E de tension continue connecté en parallèle avec une résistance de décalage (Roffset, R15) en série avec deux résistances en parallèle R3 et R4, le pôle positif du générateur étant connecté au point commun des deux résistances R3 et R4 et au point commun de la résistance R1 et la capacité C1 du réseau destiné à être connecté à une des deux bornes de l'inductance, le pôle négatif du générateur E étant connecté à la résistance de décalage ;

- un circuit de compensation en température (20, 24) comportant une source de courant contrôlée en fonction de la température, une des deux bornes de la source de courant étant connectée au pôle négatif du générateur E, l'autre borne de la source de courant étant connectée à des points différents du dispositif de mesure selon le sens de la variation du courant de la source en fonction de la température ;

et en ce que la mesure de tension Vmes, image du courant dans l'inductance, est effectuée entre le point commun des résistances R1, R2 du réseau et le point commun de la résistance de décalage et des deux résistances R3 et R4.

2. Dispositif de mesure de courant selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'inductance étant équivalente à une partie inductive pure L en série avec une partie résistive RL le réseau en parallèle avec l'inductance vérifiant la condition exprimée par la relation :

$$\frac{L}{RL} = \frac{R1 \times R2}{R1 + R2} \times C1 \quad \text{pour que la tension } V_{C1} \text{ aux bornes de la}$$

capacité C1 soit indépendante de la tension VL aux bornes de l'inductance.

3. Dispositif de mesure de courant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, la variation de courant de la source de courant en fonction de la température s'effectuant dans un premier sens, l'autre borne de la source de courant est connectée au point de connexion entre les résistances R1 et R2 du réseau.

4. Dispositif de mesure de courant selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que, la variation de courant de la source de courant en fonction de la température s'effectuant dans un second sens, l'autre borne de la source de courant est connectée au point de connexion entre les résistances R3, R4 et la résistance de décalage (Roffset) du circuit de compensation.

5. Dispositif de mesure de courant selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la source de courant du circuit de compensation en température (20, 24) peut être réalisée de différentes façons, par exemple à partir des tensions aux bornes de réseaux de composants électriques ou électroniques parmi lesquels nous pouvons citer :

- les résistances variables en fonction de la température (résistances platines, résistance silicium, par exemple résistance de dénomination commerciale KTY du fabricant « INFINEON » ...);
- les diodes dont la tension de seuil varie avec la température (-2mV/°C);
- ou tout autre circuit électronique fournissant une tension ou un courant dépendant de la température (capteur de température intégré comme le AD590 du fabricant « Analog Device »...).

6. Dispositif de mesure de courant selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte :

- le réseau (10) en parallèle avec l'inductance (12) connecté aux bornes A et B ayant la résistance R2 en série avec la résistance R1 en parallèle avec la capacité C1,
- un circuit de décalage de tension (22) comportant le générateur E connecté en parallèle avec une résistance de décalage R15 (ou résistance d'offset) en série avec deux résistances R3 et R4 en parallèle, le pôle positif

du générateur E étant connecté au point commun des deux résistances R3 et R4 du côté de ces résistances et au point commun de la résistance R1 et la capacité C1 reliés à la borne B de l'inductance 12, le pôle négatif du générateur E étant relié à la résistance de décalage R15.

- un circuit de compensation en température (24) comportant une résistance R14 reliée par une de ces deux bornes au point commun entre les deux résistances R1 et R2 du réseau et par l'autre borne à une sortie ps d'un pont diviseur comportant une résistance R13 en série avec une thermistance RKTY, le pont diviseur étant connecté, du côté de la thermistance RKTY au pôle positif du générateur E et du côté de la résistance R13 au pôle négatif du générateur E.

7. Dispositif de mesure de courant selon la revendication 6, caractérisé en ce que la thermistance RKTY est à base de silicium dont la résistance varie de façon sensiblement linéaire en fonction de la température.

8. Dispositif de mesure de courant selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte une capacité C1' en parallèle sur les résistances R3 et R4.

1/4

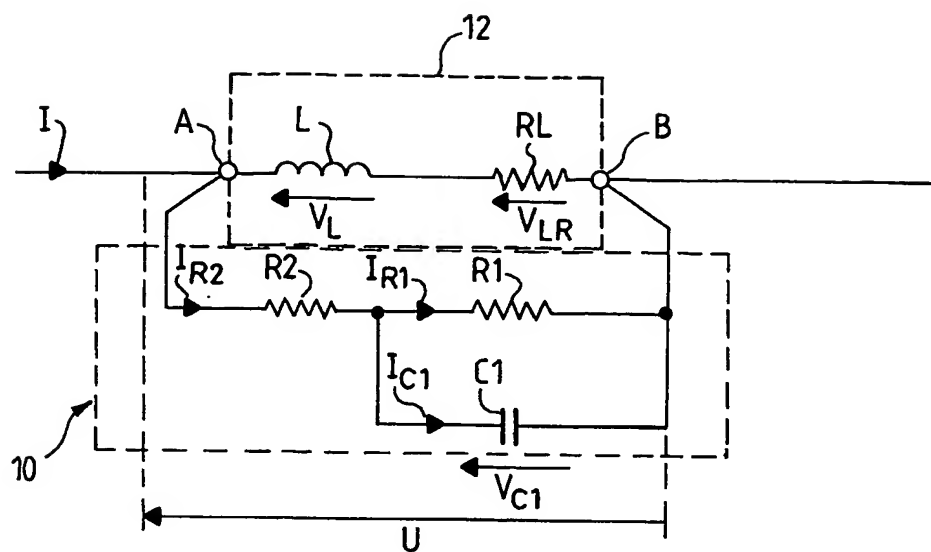


FIG.1

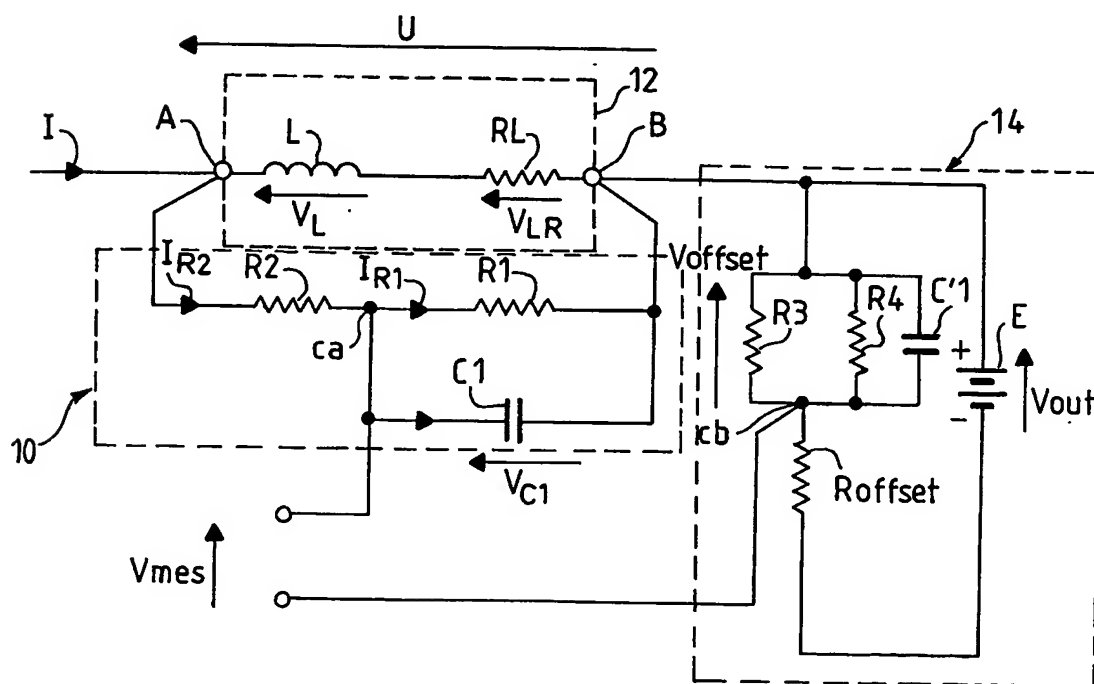


FIG.2

2/4

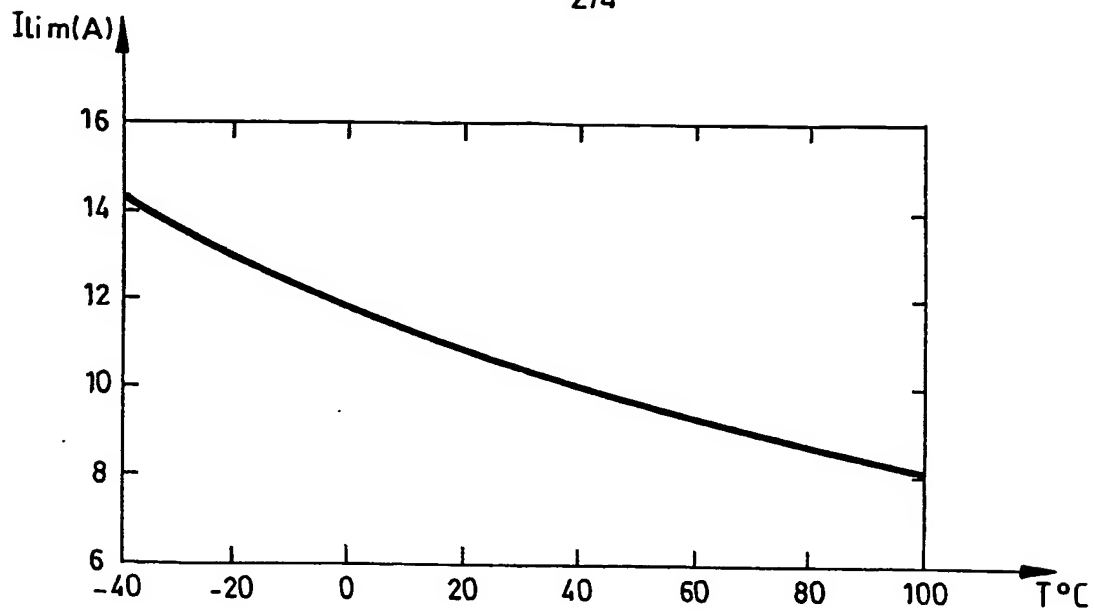


FIG.3

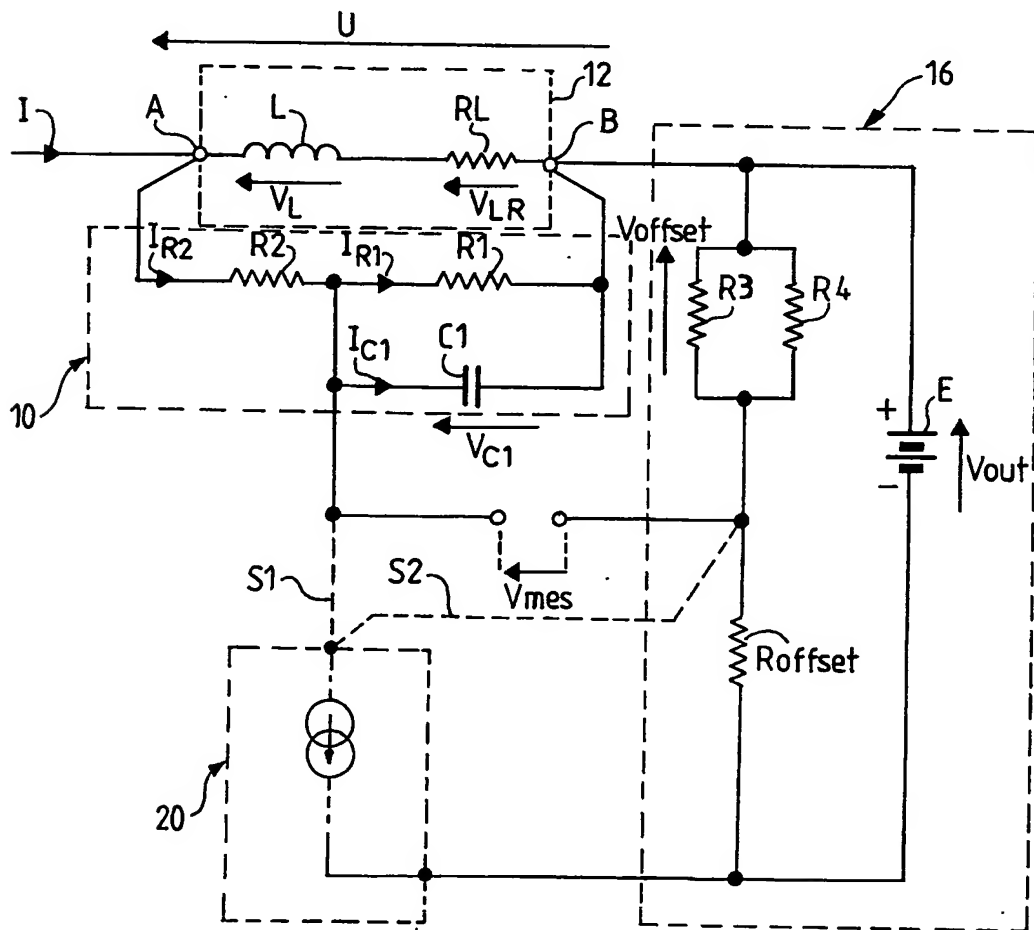


FIG.4a



3/4

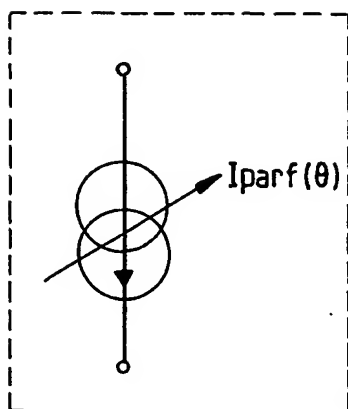


FIG. 4b

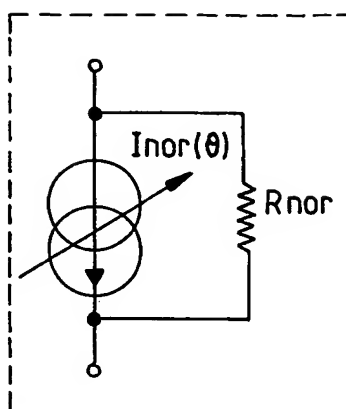


FIG. 4c

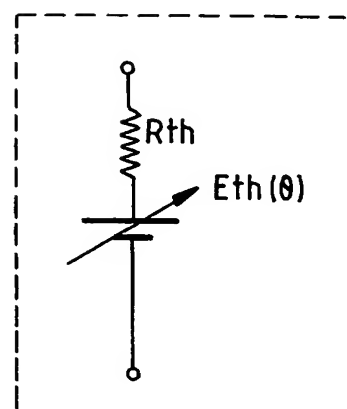


FIG. 4d

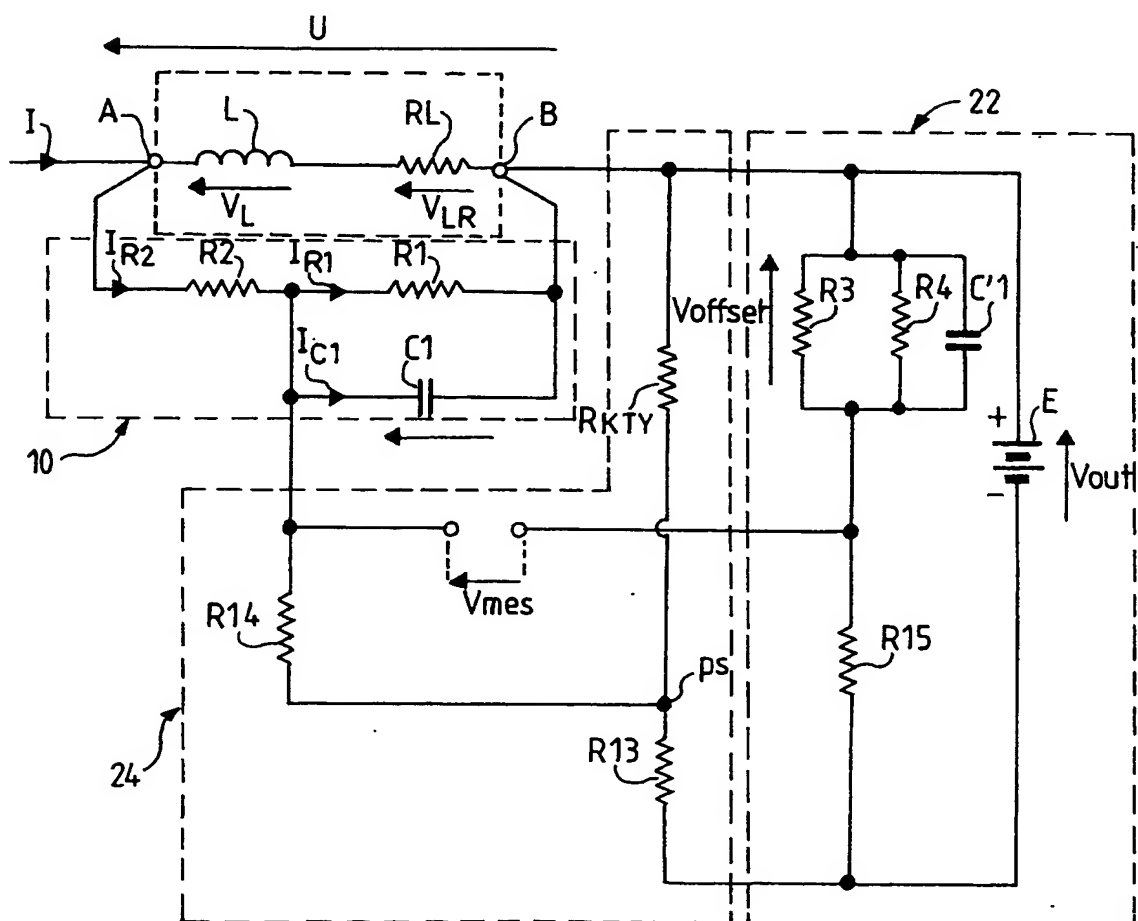


FIG. 5

4/4

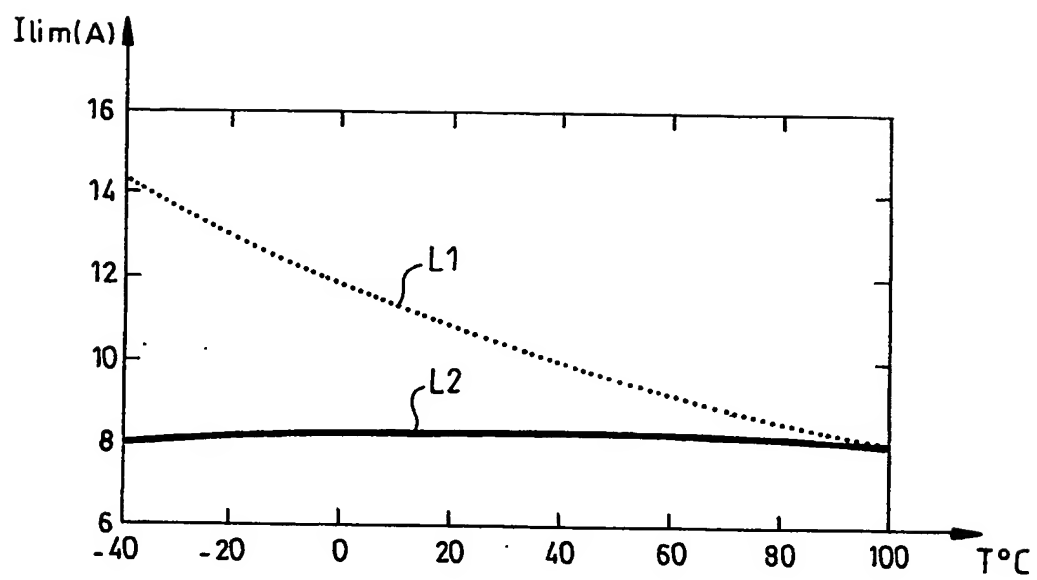


FIG.6

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G01R19/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 469 481 B1 (TATEISHI) 22 October 2002 (2002-10-22) column 8, line 59 - column 9, line 9; figure 10	1, 2, 6
A	US 4 910 455 A (NADD) 20 March 1990 (1990-03-20) abstract; figure 4	1, 3-5
A	US 5 501 517 A (KIUCHI) 26 March 1996 (1996-03-26) abstract	1, 3-5
A	US 2003/071636 A1 (LIEBLER) 17 April 2003 (2003-04-17) abstract; figures 3, 4	1

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 November 2004

Date of mailing of the international search report

09/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iwansson, K

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 6469481	B1	22-10-2002	JP	2000193687 A	14-07-2000
			TW	490920 B	11-06-2002
US 4910455	A	20-03-1990	FR	2628217 A1	08-09-1989
			DE	68904664 D1	18-03-1993
			DE	68904664 T2	09-09-1993
			EP	0332547 A1	13-09-1989
			JP	2010269 A	16-01-1990
US 5501517	A	26-03-1996	JP	6188641 A	08-07-1994
US 2003071636	A1	17-04-2003	EP	1442511 A1	04-08-2004
			WO	03034577 A1	24-04-2003

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 G01R19/32

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 469 481 B1 (TATEISHI) 22 octobre 2002 (2002-10-22) colonne 8, ligne 59 - colonne 9, ligne 9; figure 10	1,2,6
A	US 4 910 455 A (NADD) 20 mars 1990 (1990-03-20) abrégé; figure 4	1,3-5
A	US 5 501 517 A (KIUCHI) 26 mars 1996 (1996-03-26) abrégé	1,3-5
A	US 2003/071636 A1 (LIEBLER) 17 avril 2003 (2003-04-17) abrégé; figures 3,4	1

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

30 novembre 2004

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

09/12/2004

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Iwansson, K

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6469481	B1	22-10-2002	JP	2000193687 A	14-07-2000
			TW	490920 B	11-06-2002
US 4910455	A	20-03-1990	FR	2628217 A1	08-09-1989
			DE	68904664 D1	18-03-1993
			DE	68904664 T2	09-09-1993
			EP	0332547 A1	13-09-1989
			JP	2010269 A	16-01-1990
US 5501517	A	26-03-1996	JP	6188641 A	08-07-1994
US 2003071636	A1	17-04-2003	EP	1442511 A1	04-08-2004
			WO	03034577 A1	24-04-2003